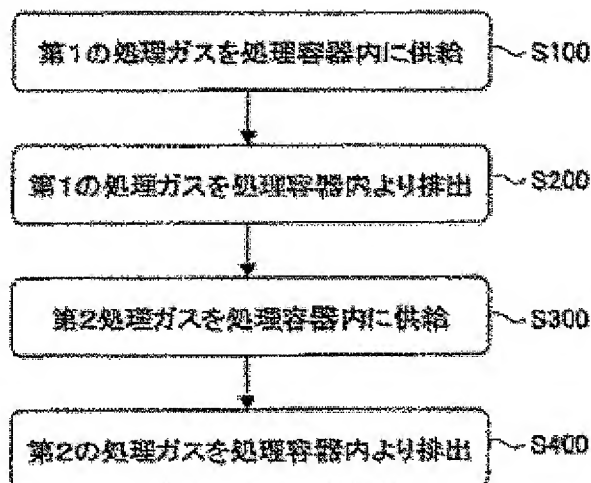


METHOD FOR DEPOSITING FILM AND SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS**Publication number:** JP2004288899**Publication date:** 2004-10-14**Inventor:** JINRIKI HIROSHI; SUZUKI MIKIO**Applicant:** TOKYO ELECTRON LTD**Classification:****- international:** C23C16/455; H01L21/31; H01L21/316; C23C16/455;
H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/31; C23C16/455;
H01L21/316**- European:****Application number:** JP20030079485 20030324**Priority number(s):** JP20030079485 20030324

Report a data error here

Abstract of JP2004288899**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the utilization efficiency of treated gas in a substrate processing apparatus.**SOLUTION:** This method for depositing a film is a method for depositing a film on the substrate to be processed, and includes an adsorption step of adsorbing the treated gas to the surface of the substrate to be processed. In the adsorption step, the treated gas is supplied to flow along the surface of the substrate to be processed. The flowing speed of the treated gas along the substrate to be processed is 50 m/sec or higher and about sound velocity or lower.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIP



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-288899

(P2004-288899A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004.10.14)

(51) Int. Cl.⁷

F1

テーマコード(参考)

H01L 21/31

H01L 21/31

B

4K030

C23C 16/455

C23C 16/455

5F045

H01L 21/316

H01L 21/316

X

5F058

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2003-79485 (P2003-79485)

(22) 出願日 平成15年3月24日(2003.3.24)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂五丁目3番6号

(74) 代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

(72) 発明者 神力 博

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放

送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72) 発明者 鈴木 幹夫

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放

送センター 東京エレクトロン株式会社内

Fターム(参考) 4K030 A411 A414 A418 B443 E406

G406 J403 J408 J412 K402

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜方法および基板処理装置

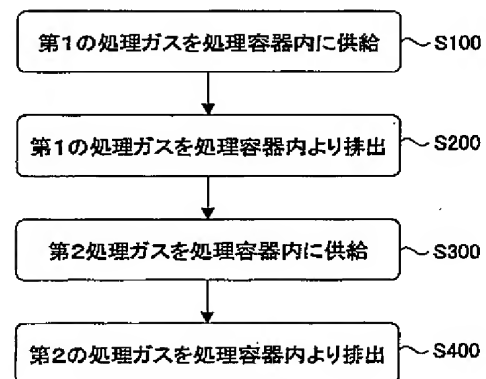
(57) 【要約】

【課題】 基板処理装置の処理ガスの利用効率を向上させる

【解決手段】 被処理基板に成膜する成膜方法であって、前記被処理基板表面に処理ガスを吸着させる吸着工程を含み、前記吸着工程において前記処理ガスは前記被処理基板表面に沿って流れるように供給され、前記処理ガスが前記被処理基板に沿って流れる流速が50m/sec以上で音速程度以下であることを特徴とする成膜方法。

【選択図】

図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理基板に成膜する成膜方法であって、

前記被処理基板表面に処理ガスを吸着させる吸着工程を含み、前記吸着工程において前記処理ガスは前記被処理基板表面に沿って供給され、前記処理ガスが前記被処理基板に沿って流れる流速が 50 m/sec 以上で音速程度以下であることを特徴とする成膜方法。

【請求項 2】

前記被処理基板に成膜する基板処理装置は、前記被処理基板を保持する保持台を内部に有する処理容器を有し、前記処理容器には前記処理ガスを前記処理容器内に供給する処理ガス供給口と、前記処理ガスを前記処理容器内から排気する排気口が設けられ、前記処理ガス供給口から供給される前記処理ガスは前記被処理基板に沿って流れ、前記排気口より排気されることを特徴とする請求項 1 記載の成膜方法。

10

【請求項 3】

前記処理容器内の、前記被処理基板表面に対向する側には前記被処理基板と略平行に天井面が形成され、前記処理ガスは前記被処理基板と前記天井面の間に形成される処理空間を流れることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の成膜方法。

【請求項 4】

前記処理空間の、前記被処理基板から前記天井面までの高さが $0.5 \sim 3.5 \text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 3 記載の成膜方法。

【請求項 5】

前記被処理基板から前記天井面までの高さが、前記処理ガスの流れ方向に向かって減少し、前記高さが最も小さくなった部分が $0.5 \sim 3.5 \text{ mm}$ であることを特徴とする請求項 4 項記載の成膜方法。

20

【請求項 6】

さらに、前記被処理基板表面に別の処理ガスを吸着させる別の吸着工程を含み、前記別の吸着工程において前記別の処理ガスは前記被処理基板表面に供給され、前記別の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って流れる流速が 50 m/sec 以上で音速程度以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法。

【請求項 7】

前記処理ガスは金属を含むガスで、前記別の処理ガスは前記処理ガスを酸化する酸化ガスであり、前記吸着工程で前記被処理基板表面に吸着した前記処理ガスは、前記別の吸着工程で前記酸化ガスによって酸化されることを特徴とする請求項 6 記載の成膜方法。

30

【請求項 8】

前記処理ガスは金属を含むガスで、前記別の処理ガスは前記処理ガスを窒化する窒化ガスであり、前記吸着工程で前記被処理基板表面に吸着した前記処理ガスは、前記別の吸着工程で前記窒化ガスによって窒化されることを特徴とする請求項 6 記載の成膜方法。

【請求項 9】

前記吸着工程と、前記別の吸着工程が、交互に繰り返されることを特徴とする請求項 6 ～ 8 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法。

【請求項 10】

前記処理ガス供給口は前記天井面に形成されていることを特徴とする請求項 3 ～ 9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法。

40

【請求項 11】

前記処理ガス供給口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の成膜方法。

【請求項 12】

前記排気口は、前記処理容器内の、前記天井面に対向する下面に設けられ、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の成膜方法。

【請求項 13】

前記処理ガス供給口は、前記被処理基板を囲むように複数形成されることを特徴とする請

50

求項 3～9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法。

【請求項 14】

前記排気口は、前記天井面に形成されることを特徴とする請求項 13 記載の成膜方法。

【請求項 15】

前記排気口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の成膜方法。

【請求項 16】

前記処理容器中、前記処理ガス供給口は前記保持台の第 1 の側に形成され、前記排気口は前記第 1 の側に対向する前記保持台の第 2 の側に形成され、前記処理ガスは前記処理ガス供給口より前記被処理基板表面を流れるように供給されて、前記排気口より排気され、さらに前記第 2 の側には別の処理ガス供給口が形成され、当該別の処理ガス供給口からは前記別の処理ガスが前記被処理基板表面を流れるように供給されて、前記第 1 の側に形成された別の排気口から排気されることを特徴とする請求項 6～9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法。

【請求項 17】

前記排気口および前記別の排気口は、それぞれ前記処理ガスおよび別の処理ガスの流れ方向に略直行する方向に延在するスリット状の開口部よりなることを特徴とする請求項 16 記載の成膜方法。

【請求項 18】

処理容器と、

前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、

前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、

前記天井面に形成され、前記処理容器中に処理ガスを、前記保持台に保持された被処理基板の略中心から周縁部に向かって前記被処理基板表面に沿って流れるように供給する処理ガス供給口と、

前記処理容器中、前記天井面と対向する下面に形成された、前記処理容器を排気する排気口とを有し、

前記被処理基板と前記天井面の間には前記処理ガスが供給される処理空間が画成され、前記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが 0.5～8 mmであることを特徴とする基板処理装置。

【請求項 19】

前記高さが 0.5～3.5 mmであることを特徴とする請求項 18 記載の基板処理装置。

【請求項 20】

前記処理ガス供給口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項 18 または 19 記載の基板処理装置。

【請求項 21】

前記排気口は、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項 18～20 のうち、いずれか 1 項記載の基板処理装置。

【請求項 22】

前記保持台は回動自在の構造であることを特徴とする請求項 18～21 のうち、いずれか 1 項記載の基板処理装置。

【請求項 23】

処理容器と、

前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、

前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、

前記処理容器の側壁面に形成され、前記処理容器中に処理ガスを、前記保持台に保持された前記被処理基板の周縁部から略中心に向かって前記被処理基板表面に沿って流れるように供給する処理ガス供給口と、

前記天井面に形成された、前記処理容器を排気する排気口とを有し、

前記被処理基板と前記天井面の間には前記処理ガスが供給される処理空間が画成され、前

10

20

30

40

50

記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～8mmであることを特徴とする基板処理装置。

【請求項24】

前記高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項23記載の基板処理装置。

【請求項25】

前記排気口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項23または24記載の基板処理装置。

【請求項26】

前記処理ガス供給口は、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項23～25のうち、いずれか1項記載の基板処理装置。

10

【請求項27】

前記保持台は回転自在の構造であることを特徴とする請求項23～26のうち、いずれか1項記載の基板処理装置。

【請求項28】

処理容器と、

前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、

前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、

前記処理容器中、前記保持台の第1の側に形成され、前記保持台上の前記被処理基板表面に第1の処理ガスを、前記第1の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って、前記第1の側から前記第1の側に対向する第2の側に向かって流れるように供給する第1の処理ガス供給口と、

20

前記処理容器中、前記保持台の第2の側に形成された第1の排気口と、

前記処理容器中、前記保持台の前記第2の側に形成され、前記保持台上の前記被処理基板表面に第2の処理ガスを、前記第2の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って、前記第2の側から前記第1の側に向かって流れるように供給する第2の処理ガス供給口と、

前記処理容器中、前記保持台の前記第1の側に形成された第2の排気口とを備え、

前記被処理基板と前記天井面の間に前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスが供給される処理空間が画成され、前記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～8mmであることを特徴とする基板処理装置。

【請求項29】

30

前記高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項28記載の基板処理装置。

【請求項30】

前記第1の排気口および第2の排気口は、それぞれ前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流れ方向に略直行する方向に延在するスリット状の開口部よりなることを特徴とする請求項28または29記載の基板処理装置。

【請求項31】

前記保持台は回転自在の構造であることを特徴とする請求項28～30のうち、いずれか1項記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40

【発明の属する技術分野】

本発明は、成膜方法および基板処理装置に係り、特に被処理基板上に金属酸化膜を成膜する成膜方法および基板処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

化学気相堆積（CVD法）は、基本的な半導体装置の製造プロセスであり、アスペクト比の大きい複雑な構造上においても良好なカバレッジで成膜できるため、半導体装置や液晶表示装置などの表示装置の製造工程において、絶縁膜や半導体膜、あるいは金属膜の堆積に広く使われている。

【0003】

50

前記CVD法は、今日の超高速高速半導体装置では、例えばゲート電極の材料で、比誘電率が SiO_2 膜のものよりもはるかに大きい、いわゆる高誘電体材料である Ta_2O_5 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 HfO_2 、 ZrSiO_4 、 HfSiO_4 などの成膜に用いられる場合がある。

【0004】

図1は、従来のCVD法による基板処理装置500の概略図を示したものである。図1を参照するに、被処理基板Wfを保持する、ヒータ511aを内蔵する保持台511Aを内部に有する処理容器511は、前記処理容器511内を排気する手段であるターボ分子ポンプ512およびドランプンプ513が排気口511Cに接続され、前記処理容器511内を減圧・排気することが可能な構造となっている。

10

【0005】

前記処理容器511上には、シャワーヘッド511bを有するガス供給構造511Bが設けられており、前記ガス供給構造511Bには、バルブ514Aを介してガス供給源Aが、またバルブ514Bを介してガス供給源Bが接続されている。

【0006】

被処理基板上に成膜を行う際は、前記バルブ514Aを開放することで、前記ガス供給部511Bから前記シャワーヘッド511bを介して前記被処理基板Wf上にガスAを供給し、また前記バルブ514Bを開放することで、前記ガス供給部511Bから前記被処理基板Wf上にガスBを供給する。

【0007】

薄膜形成方法としては、従来のCVD方式に加えて、原子層成膜(ALD: Atomic Layer Deposition)が極薄膜形成方法として有望である。この場合には、図1のガスAとBを同時に処理容器511内に流入させることはなく、別々に流入させる。つまり、ガスAを基板表面に吸着させる工程と、ガスBを吸着したガスAと反応させる工程からなる。しかしながら、このCVDとALDとの技術の境界は必ずしも明確でなく、原料ガスA、Bの性質によっては、ガスAとBを同時に流す工程と、別々に流す工程とを含む場合もある。つまり、ガスAとBを同時に流す場合、別々に流す場合、部分的に同時に流す工程も含んでいる場合がある。ただし、ガスAとガスBの反応が起こりやすく、気相で混合しただけで反応して、粉末上の生成物を発生させるような場合には、処理容器511同時に導入することはできず、別々に導入することが必要になる。

20

30

【0008】

前述した高誘電体材料の成膜の場合、例えばガスAにトリメチルアルミニウム(TMA)、ガスBに酸素または O_3 を用いる場合には、反応性が強いので、ALD方式によって交互にガスを導入することにより、前記被処理基板Wf上に Al_2O_3 膜を成膜することができる。

【0009】

【特許文献1】

US 6306216

【0010】

【特許文献2】

US 6015590

【0011】

【特許文献3】

特開2000-319772号公報

【0012】

【特許文献4】

特開2001-68423号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、吸着工程を含むような成膜プロセス装置において、原料をより効率的に吸着させ

40

50

ることが必要である。

【0014】

前記基板処理装置500では、ガスAおよびガスBを供給する際、前記シャワーヘッド511bから前記被処理基板Wfまでは、距離Hだけ離れていてガスの拡散領域があるため、当該ガスAおよびガスBは、前記シャワーヘッド511bから前記被処理基板Wfまで到達するまでの間に前記処理容器内を拡散し、供給されたガスAおよびガスBの大半は、前記被処理基板Wfに到達する事無く、前記排気口511Cより排出されてしまう。そのために、高価なガスであるTMAの大半が成膜に利用されることなく消費され、成膜のためのコストがかかる要因となっていた。

【0015】

そこで、本発明では上記の課題を解決した成膜方法および基板処理装置を提供することを目的としている。

【0016】

本発明の具体的な課題は、被処理基板上に成膜する場合に、成膜に用いるガスの利用効率を向上させて、生産性が良好となる成膜方法および基板処理装置を供給することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明においては、上記の課題を解決するために、

請求項1に記載したように、

被処理基板に成膜する成膜方法であって、

前記被処理基板表面に処理ガスを吸着させる吸着工程を含み、前記吸着工程において前記処理ガスは前記被処理基板表面に供給され、前記処理ガスが前記被処理基板に沿って流れる流速が50m/sec以上で音速程度以下であることを特徴とし、原料の基板への供給方法としては、基板面に対向するシャワーヘッド面から基板面に垂直に供給してもよいし、基板面に平行な位置より平行に供給してもよいが、いずれも原料ガスは基板表面で境界層を形成し、基板面上を平行に流れて排出される成膜方法により、また、

請求項2に記載したように、

前記被処理基板に成膜する基板処理装置は、前記被処理基板を保持する保持台を内部に有する処理容器を有し、前記処理容器には前記処理ガスを前記処理容器内に供給する処理ガス供給口と、前記処理ガスを前記処理容器内から排気する排気口が設けられ、前記処理ガス供給口から供給される前記処理ガスは前記被処理基板に沿って流れ、前記排気口より排気されることを特徴とする請求項1記載の成膜方法により、また、

請求項3に記載したように、

前記処理容器内の、前記被処理基板表面に対向する側には前記被処理基板と略平行に天井面が形成され、前記処理ガスは前記被処理基板と前記天井面の間に形成される処理空間を流れることを特徴とする請求項1または2記載の成膜方法により、また、

請求項4に記載したように、

前記処理空間の、前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項3記載の成膜方法により、また、

請求項5に記載したように、

前記被処理基板から前記天井面までの高さが、前記処理ガスの流れ方向に向かって減少し、前記高さが最も小さくなった部分が0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項4項記載の成膜方法により解決する。

【0018】

前記処理空間の、前記被処理基板から前記天井面までの高さがガスの流れ方向に従い、狭くなっていくことにより、境界層の厚みは次第に減少していく。従って、流れ方向で原料濃度が減少していったとしても、境界層を連続的に薄くすることにより、原料の使用効率を増大させて基板への吸着効率を上げ、結果的に一定な吸着率を得ることができる。

【0019】

また、本発明は上記の課題を解決するために、

請求項 6 に記載したように、

さらに、前記被処理基板表面に別の処理ガスを吸着させる別の吸着工程を含み、前記別の吸着工程において前記別の処理ガスは前記被処理基板表面に供給され、前記別の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って流れる流速が 50 m/sec 以上で音速程度以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法により、また、

請求項 7 に記載したように、

前記処理ガスは金属を含むガスで、前記別の処理ガスは前記処理ガスを酸化する酸化ガスであり、前記吸着工程で前記被処理基板表面に吸着した前記処理ガスは、前記別の吸着工程で前記酸化ガスによって酸化されることを特徴とする請求項 6 記載の成膜方法により、また、

10

請求項 8 に記載したように、

前記処理ガスは金属を含むガスで、前記別の処理ガスは前記処理ガスを窒化する窒化ガスであり、前記吸着工程で前記被処理基板表面に吸着した前記処理ガスは、前記別の吸着工程で前記窒化ガスによって窒化されることを特徴とする請求項 6 記載の成膜方法により、また、

請求項 9 に記載したように、

前記吸着工程と、前記別の吸着工程が、交互に繰り返されることを特徴とする請求項 6 ～ 8 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法により、また、

請求項 10 に記載したように、

前記処理ガス供給口は前記天井面に形成されていることを特徴とする請求項 3 ～ 9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法により、また、

20

請求項 11 に記載したように、

前記処理ガス供給口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項 10 記載の成膜方法により、また、

請求項 12 に記載したように、

前記排気口は、前記処理容器内の、前記天井面に対向する下面に設けられ、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項 10 または 11 記載の成膜方法により、また、

請求項 13 に記載したように、

前記処理ガス供給口は、前記被処理基板を囲むように複数形成されることを特徴とする請求項 3 ～ 9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法により、また、

30

請求項 14 に記載したように、

前記排気口は、前記天井面に形成されることを特徴とする請求項 13 記載の成膜方法により、また、

請求項 15 に記載したように、

前記排気口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項 14 記載の成膜方法により、また、

請求項 16 に記載したように、

前記処理容器中、前記処理ガス供給口は前記保持台の第 1 の側に形成され、前記排気口は前記第 1 の側に対向する前記保持台の第 2 の側に形成され、前記処理ガスは前記処理ガス供給口より前記被処理基板表面を流れるように供給されて、前記排気口より排気され、さらに前記第 2 の側には別の処理ガス供給口が形成され、当該別の処理ガス供給口からは前記別の処理ガスが前記被処理基板表面を流れるように供給されて、前記第 1 の側に形成された別の排気口から排気されることを特徴とする請求項 6 ～ 9 のうち、いずれか 1 項記載の成膜方法により、また、

40

請求項 17 に記載したように、

前記排気口および前記別の排気口は、それぞれ前記処理ガスおよび別の処理ガスの流れ方向に略直行する方向に延在するスリット状の開口部よりなることを特徴とする請求項 14 記載の成膜方法により、また、

請求項 18 に記載したように、

50

処理容器と、
前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、
前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、
前記天井面に形成され、前記処理容器中に処理ガスを、前記保持台に保持された被処理基板の略中心から周縁部に向かって前記被処理基板表面に沿って流れるように供給する処理ガス供給口と、
前記処理容器中、前記天井面と対向する下面に形成された、前記処理容器を排気する排気口とを有し、
前記被処理基板と前記天井面の間には前記処理ガスが供給される処理空間が画成され、前記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～8mmであることを特徴とする基板処理装置により、また、
請求項19に記載したように、
前記高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項18記載の基板処理装置により、また、
請求項20に記載したように、
前記処理ガス供給口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項18または19記載の基板処理装置により、また、
請求項21に記載したように、
前記排気口は、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項18～20のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、また、
請求項22に記載したように、
前記保持台は回動自在の構造であることを特徴とする請求項18～21のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、また、
請求項23に記載したように、
処理容器と、
前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、
前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、
前記処理容器の側壁面に形成され、前記処理容器中に処理ガスを、前記保持台に保持された前記被処理基板の周縁部から略中心に向かって前記被処理基板表面に沿って流れるように供給する処理ガス供給口と、
前記天井面に形成された、前記処理容器を排気する排気口とを有し、
前記被処理基板と前記天井面の間には前記処理ガスが供給される処理空間が画成され、前記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～8mmであることを特徴とする基板処理装置により、また、
請求項24に記載したように、
前記高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項23記載の基板処理装置により、また、
請求項25に記載したように、
前記排気口の中心は、前記天井面の、前記被処理基板の略中心に対応する位置に形成されていることを特徴とする請求項23または24記載の基板処理装置により、また、
請求項26に記載したように、
前記処理ガス供給口は、前記保持台を囲むように複数形成されていることを特徴とする請求項23～25のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、また、
請求項27に記載したように、
前記保持台は回動自在の構造であることを特徴とする請求項23～26のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、また、
請求項28に記載したように、
処理容器と、
前記処理容器中に、被処理基板を保持可能に設けられた保持台と、

10

20

30

40

50

前記処理容器中、前記被処理基板と略平行に設けられた天井面と、
前記処理容器中、前記保持台の第1の側に形成され、前記保持台上の前記被処理基板表面に第1の処理ガスを、前記第1の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って、前記第1の側から前記第1の側に対向する第2の側に向かって流れるように供給する第1の処理ガス供給口と、

前記処理容器中、前記保持台の第2の側に形成された第1の排気口と、
前記処理容器中、前記保持台の前記第2の側に形成され、前記保持台上の前記被処理基板表面に第2の処理ガスを、前記第2の処理ガスが前記被処理基板表面に沿って、前記第2の側から前記第1の側に向かって流れるように供給する第2の処理ガス供給口と、

前記処理容器中、前記保持台の前記第1の側に形成された第2の排気口とを備え、
前記被処理基板と前記天井面の間に前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスが供給される処理空間が画成され、前記処理空間の前記被処理基板から前記天井面までの高さが0.5～8mmであることを特徴とする基板処理装置により、また、

請求項29に記載したように、

前記高さが0.5～3.5mmであることを特徴とする請求項28記載の基板処理装置により、また、

請求項30に記載したように、

前記第1の排気口および第2の排気口は、それぞれ前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流れ方向に略直行する方向に延在するスリット状の開口部よりなることを特徴とする請求項28または29のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、また、

請求項31に記載したように、

前記保持台は回動自在の構造であることを特徴とする請求項28～30のうち、いずれか1項記載の基板処理装置により、解決する。

【作用】

本発明によれば、被処理基板に成膜を行う際に、被処理基板表面に原料ガスを供給し、基板表面に形成された原料ガスの流れを増大させるようにする。これにより、原料ガスの流れと基板表面の間の境界層が薄くなる結果として、より容易に原料ガスが基板表面に到達するようになる。このため、原料の使用効率が改善されるので、原料流量が一定である場合には、処理時間の短縮を達成することができる。原料の流速を増大させる方法としては、原料流量を増加する、真空レベルを高真空化する、ギャップを小さくして滞在時間を縮小することにより結果的に流速を増加することにより、生産性を高めることができるという効果が得られる。

【0020】

【発明の実施の形態】

【原理】

まず、本発明によって、基板処理装置による成膜処理において、処理ガスの利用効率を最適化し、もって生産性を良好とする基板処理方法の概略を説明する。

【0021】

図2(A)、(B)は、従来の成膜方法と、本発明による成膜方法を模擬的に比較したものである。図2(A)、(B)に示した基板処理装置は、被処理基板Wを保持する保持台E3を有し、成膜処理に用いる成膜ガスF1を、天井面E2に形成されたガス供給部E1から供給して、被処理基板上に成膜処理を行う構造になっている。

【0022】

まず、従来の成膜方法を示した、図2(A)を参照するに、基板処理装置の天井面E2に形成されたガス供給部E1から供給される処理ガスF1は、保持台E3に保持された被処理基板Wに到達するまで、前記天井面E2と前記被処理基板Wの間を拡散する。その際に、処理ガスF1が被処理基板Wに到達して成膜に用いられる量に比べて、前記保持台E3の側部を通過して、図示しない排気口より排気されてしまう割合が多い。

【0023】

これは、前記天井面E2と被処理基板WがギャップGaだけ離れているために供給される

10

20

30

40

50

ガスF1の拡散量が多く、効率的にガスF1を成膜に利用することが困難になっているためである。

【0024】

次に、本発明による成膜方法を示した図2(B)を参照するに、前記天井面E2と前記被処理基板WのギャップGbが前記ギャップGaにくらべて小さく、ガス供給部E1から供給された処理ガスF1が拡散する空間が狭いため、前記ガス供給部E1から供給される処理ガスF1が効率的に前記被処理基板Wに到達し、成膜に利用される。

【0025】

つまり、天井面E2と被処理基板との間に形成される空間の容積が縮小された結果、処理ガスF1はより早い流速で排出される。従って、基板表面に形成される境界層の厚さは薄くなり、処理ガスは効率良く基板に到達する。

【0026】

このため、処理ガスを効率的に成膜に利用することができ、排気される処理ガスF1の量を減らして、効率のよい成膜を行う事が可能となる。

【0027】

次に、本発明の実施の形態について、図面に基づき以下に説明する。

〔第1実施例〕

図3は、本発明による基板処理装置300の概略を示した断面図である。

【0028】

図3を参照するに、被処理基板Wを保持する保持台302を内部に有する処理容器301は、天井部304および中間容器303および下部容器305より形成されている。前記基板保持台302中には、図示を省略する加熱機構が設けられている。

【0029】

前記被処理基板Wと前記天井部304の間には、成膜のための処理ガスが供給されるプロセス空間301Aが形成される。

【0030】

前記天井部304は、前記被処理基板Wに対向する面の前記被処理基板Wの略中心に対応する部分に処理ガス供給口304Aが設けられ、成膜処理の際に前記プロセス空間301Aに処理ガスを供給する。前記処理ガス供給口は、バルブ319を介して処理ガスライン320に接続されている。前記処理ガスライン320は、バルブ308を介して、第1の処理ガスライン311に接続され、さらに第1の処理ガスであるTMA（トリメチルアルミニウム、 $Al(CH_3)_3$ ）の供給源であるTMA供給源321、および第1のパージガスであるAr供給源322に接続され、前記プロセス空間301AにTMAおよびArを供給する構造になっている。

【0031】

さらに前記処理ガスライン320には、バルブ309を介して、第2の処理ガスライン312が接続され、第2の処理ガスである O_3/O_2 供給源323と、第2のパージガスであるAr供給源324に接続され、前記プロセス空間301Aに O_3/O_2 および、Arが供給される構造となっている。

【0032】

また、前記処理ガスライン320には、バルブ310を介して排気ライン313が接続され、前記処理ガスライン320を減圧・排気が可能となっており、前記処理ガスライン320をパージすることが可能な構造となっている。

【0033】

例えば、前記バルブ308を開放して前記処理ガスライン320にTMAを供給した後、前記処理ガスライン320から残留TMAを排除するために、前記バルブ308を閉じて前記バルブ310を開放して処理ガスライン320を排気し、さらに前記バルブ308を開放して今度は前記第1のパージガスであるArを供給し、前記処理ガスライン320を排気する作業を行い、残留TMAを排除することが可能な構造になっている。

【0034】

10

20

30

40

50

同様に、前記バルブ 309 を開放して前記処理ガスライン 320 に O_3 / O_2 を供給した後、前記処理ガスライン 320 から残留 O_3 / O_2 を排除するために、前記バルブ 308 を閉じて前記バルブ 310 を開放して処理ガスライン 320 を排気し、さらに前記バルブ 308 を開放して今度は前記第 2 のパージガスである Ar を供給し、前記処理ガスライン 320 を排気する作業を行い、残留 O_3 / O_2 を排除することが可能な構造になっている。

【0035】

また、前記処理ガス供給口 304A は、前記天井部に複数設けても良い。

【0036】

前記中間容器 303 は、前記保持台 302 を囲むように、排気空間 303A を画成し、前記排気空間 303A 上には、略ドーナツ状の排気プレート 306 が設置されている。前記プロセス空間 301A は、前記排気プレート 306 に形成された複数の排気穴 306A から前記排気空間 303A を介して排気される。

【0037】

前記排気空間 303A には複数の排気管 314 が接続され、前記排気空間 303A は当該排気管 314 に接続された真空ポンプによって排気・減圧される構造になっている。この構造については後述する。

【0038】

前記保持台 302 は前記下部容器 305 により回動自在に、また同時に上下動自在に保持されている。前記保持台 302 は最上位のプロセス位置と最下位の基板出入位置との間を上下動可能に保持されている。また、前記保持台が最下位の基板搬入・搬出位置で、図示しない搬入・搬出開口部より、被処理基板の搬入・搬出を行う構造になっている。

【0039】

被処理基板 W を保持した基板保持台 302 は、軸受部 317 中に磁気シール 318 により保持された回転軸 316 により回動自在に、また上下動自在に保持されており、前記回転軸 316 が上下動する空間は、ベローズ 315 等の隔壁により密閉されている。

【0040】

前記基板処理装置 300 により、プロセス空間 301A に第 1 の処理ガスおよび第 2 の処理ガスを供給することで、被処理基板 W 上に成膜を行う事が可能となる。例えば、第 1 の処理ガスに TMA、第 2 の処理ガスに O_3 / O_2 を供給することで被処理基板 W 上に Al_2O_3 膜を形成することが可能となる。

【0041】

また、その際に、前記被処理基板 W 上に形成される前記プロセス空間 301A の高さであるギャップ G が狭いため、すなわち被処理基板 W から前記天井部 304 までの距離が短いために、前記ギャップ G が広い場合に比べて、供給される第 1 の処理ガス、第 2 の処理ガスが一定流量と仮定した場合には、第 1 の処理ガス、第 2 の処理ガスの流速が増大する。そのとき、被処理基板 W 上に形成される境界層厚さを δ 、処理ガスの流速を u とした場合、以下の関係が成り立つ。

【0042】

【数 1】

$$\delta \propto \frac{1}{\sqrt{u}}$$

すなわち、流速を増加させることで境界層厚さ δ は小さくなるので、処理ガスが拡散しやすくなり、処理ガスが被処理基板 W に到達する割合を増大させることができ、成膜の原料

10

20

30

40

50

となるガスの利用効率を向上させることが可能となる。

【0043】

また、成膜を行う際に処理容器内を排気する方法に関して、次に、図4を用いて説明する。図4は、前記排気プレート306および排気管314を示した斜視図であり、前記基板処理装置300に設置されている場合の位置関係を示してある。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0044】

図4を参照するに、前記基板処理装置300の前記プロセス空間301Aは、前記排気プレート上に、前記保持台302を囲むように形成された複数の前記排気穴306Aから排気される。その際に、前記排気穴306は、前記被処理基板Wを中心とした同心円状に、等間隔で配置されているため、前記被処理基板Wを中心として均等に排気することが可能である。

【0045】

また、処理ガスは被処理基板の中心に対応する位置に形成された前記処理ガス供給口304Aから供給されるが、処理ガスは基板表面に吸着するので、吸着が飽和すれば均一な吸着層を形成することができる。

【0046】

さらに、処理ガスの排気経路は、前記排気穴306Aから前記排気空間306A、さらに当該排気空間306Aに接続される前記排気管314につながる構造となっている。前記排気管314も、前記排気穴306Aと同様に、前記被処理基板Wを中心とした同心円状に、等間隔で配置されているため、前記被処理基板Wを中心として均等に排気することが可能であり、被処理基板の面内で均一な成膜が可能になる。

また、その場合、被処理基板Wの中心部分から周縁部に向かって、前記ギャップGを狭くするような形状にすることで、処理ガスを均一に被処理基板に吸着させることができる。このような例を図5に示す。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0047】

図5を参照するに、図5においては、前記天井部304の形状が変更されており、前記被処理基板Wから天井面までの高さが、前記被処理基板の中心部から周縁部にかけて、すなわち処理ガスの流れる方向に従って狭くなる形状をしている。

【0048】

この場合、前記処理空間の、前記被処理基板から前記天井面までの高さがガスの流れ方向に狭くなっていくことにより、被処理基板上に形成される境界層の厚みは次第に減少していく。従って、流れ方向で原料濃度が減少していったとしても、境界層を連続的に薄くすることにより、原料の使用効率を増大させて基板への吸着効率を上げ、結果的に一定な吸着率を得ることができる。

【0049】

また、成膜する場合には前記保持台302を回転させることにより、処理ガスの流れに不均一があった場合の成膜の不均一への影響を小さくして、さらに被処理基板面内での均一性を向上させることができる。

【0050】

このように、前記処理ガス供給口304Aから供給される第1の処理ガスおよび第2の処理ガスは、前記天井部304と前記被処理基板Wによって形成される前記プロセス空間301Aを、前記被処理基板Wの表面を沿って流れるように供給され、前記被処理基板Wの中心部から周縁部を通してさらに前記排気穴306Aにて排気される。

【0051】

その際に、第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを気相中で反応させることなく、おもに前記被処理基板Wでの表面反応を用いた方法で、分子層・原子層レベルの高品質の成膜を行う事が可能であり、その概略を、図6を用いて以下に説明する。

〔第2実施例〕

10

20

30

40

50

図6(A)～(D)は、分子層・原子層レベルの成膜を行う方法の概略図を示したものである。前記した分子層・原子層レベルの成膜を行うには、被処理基板上に第1の処理ガスと第2の処理ガスとを交互に、被処理基板表面に沿って流れる形で供給し、第1の処理ガス中の処理ガス分子を被処理基板表面に吸着させ、これを第2の処理ガス中の処理ガス分子と反応させることにより、略1分子層分の厚さの膜を形成する。このプロセスを繰り返すことにより、被処理基板上に、高品質な膜を形成することが可能になる。

【0052】

具体的には、まず図6(A)を参照するに、被処理基板W上に、第1の処理ガスF_aを、前記被処理基板W上を流れるように供給し、第1の処理ガスF_aの分子を前記被処理基板W上に吸着させ、図6(B)においては、前記吸着が完了した後の余剰な第1の処理ガスF_aの分子を被処理基板上から除去する。

10

【0053】

次に、図6(C)において、第1の処理ガスF_aの分子が吸着した前記被処理基板W上に、第2の処理ガスF_bを、前記被処理基板W上を流れるように供給し、第1の処理ガスF_aの分子と第2の処理ガスF_bの分子を反応させる。

【0054】

次に図6(D)において、未反応の第2の処理ガスF_bの分子と、副生成物F_ab'を被処理基板表面より除去して、成膜の1工程が完了し、略1分子層～数分子層程度の厚さの膜F_abを形成する。この図6(A)～(D)を1サイクルとして、このプロセスを繰り返し行うことにより、被処理基板表面に、所望の厚さの、高品質の膜、例えば半導体装置のゲート絶縁膜として使用可能な高品質な誘電体膜、特に高誘電体膜を形成することが可能となる。形このような成膜をALD(Atomic Layer Deposition、原子層堆積)と呼ぶことがある。

20

【0055】

このようにして形成された膜は膜中の欠陥や不純物が少なく、また膜厚の均一性が良好であるという特徴を有する。例えば、前記基板処理装置300では、第1の処理ガスにTMA、第2の処理ガスにO₃/O₂を用いることにより、被処理基板上に高品質のAl₂O₃膜を形成することができる。

【0056】

次に、前記基板処理装置300を用いて、前記した分子層・原子層レベルの成膜を行う方法を、図7に基づき、具体的に示す。

30

【第3実施例】

図7は、図3に示した前記基板処理装置300を用いて、第2実施例に前記した分子層・原子層レベルの成膜を行う方法を示したフローチャートである。図7を参照するに、まず、工程100(図中S100と表記、以下同様)で前記バルブ308を開放して第1の処理ガスであるTMAを前記プロセス空間301Aに導入する。その際、キャリアガスとしてArを同時に導入する。そこで、TMAは、キャリアガスと共に前記被処理基板Wの表面を流うように流れ、TMA分子が前記被処理基板W表面に吸着する。

【0057】

次に、工程200において、バルブ308を閉じてTMAおよびArの前記プロセス空間301Aへの導入を停止する。前記プロセス空間301Aは真空排気され、余剰なTMA分子が前記プロセス空間301Aより排気される。

40

【0058】

また、その際に、前記バルブ310を開放して前記処理ガスライン320の中に残留したTMAを排気する。さらに必要に応じてバルブ308を開放して第1のパージガスであるArを供給し、またバルブ308を閉じ、バルブ310を開放して前記処理ガスライン320から、残留TMAを完全に除去するようにする。

【0059】

また、必要に応じて前記プロセス空間301AにArを導入して、前記プロセス空間301Aに残留したTMAを排出するようにしてもよい。

50

【0060】

次に、工程300において、前記バルブ309を開放して、第2の処理ガスである O_3/O_2 を前記プロセス空間301Aに導入する。その際、キャリアガスとして Ar を同時に導入する。そこで、 O_3/O_2 は、キャリアガスと共にTMA分子が吸着した前記被処理基板Wの表面を沿うように流れ、前記被処理基板W表面でTMA分子と反応して、前記被処理基板W上に略1～数分子層の Al_2O_3 膜が形成される。

【0061】

次に、工程400において、バルブ309を閉じてTMAおよび Ar の前記プロセス空間301Aへの導入を停止する。前記プロセス空間301Aは真空排気され、未反応の余剰な O_3/O_2 が前記プロセス空間301Aより排気される。

10

【0062】

また、その際に、前記バルブ310を開放して前記処理ガスライン320の中に残留した O_3/O_2 を排気する。さらに必要に応じてバルブ309を開放して第2のページガスである Ar を供給し、またバルブ309を閉じてバルブ310を開放して前記処理ガスライン320から、 O_3/O_2 を完全に除去するようにする。

【0063】

また、必要に応じて前記プロセス空間301Aに Ar を導入して、前記プロセス空間301Aに残留した O_3/O_2 を排出するようにしてもよい。

【0064】

このように、工程100～400の工程を繰り返すことにより、所望の膜厚の、高品質な Al_2O_3 膜を形成することが可能になる。

20

【0065】

また、本実施例では第1の処理ガスにTMA、第2の処理ガスに O_3/O_2 を用いて Al_2O_3 を形成する例、すなわち金属酸化膜を形成する例を示したが、同様の方法で金属窒化膜を形成することも可能である。例えば第1の処理ガスに $TiCl_4$ 、第2の処理ガスに NH_3 を用いることにより、 TiN 膜を形成することも可能である。また他に、 TaN 、 AlN なども形成することが可能である。

【0066】

ここで、以下に示すように、被処理基板表面を流れる処理ガスの流速を上げることで、処理ガスの吸着の効率を向上させて、さらに処理ガスの利用効率を向上させることができる。

30

【0067】

そのためには、図3の基板処理装置300において前記被処理基板Wと前記天井部304までの距離である前記ギャップGを最適化する必要がある。次に、前記ギャップGと処理ガスの吸着の関係について、図8に基づき、説明する。図8は、図3の基板処理装置300のうち、前記天井部304と前記被処理基板Wを含む部分を拡大して示したものである。前記被処理基板の中心側を方向Cで、端部側を方向Eで示す。

【0068】

図8を参照するに、このような構造において前記被処理基板Wと前記天井部304との間の狭い空間を、前記処理ガス供給口304から供給されるTMAや O_3/O_2 などの処理ガス流Fを通過させた場合、前記被処理基板Wの表面および前記天井部304の表面には境界層Bが形成され、処理ガス流F中をキャリアガスに乗って輸送されているTMA分子や O_3/O_2 分子などの処理ガス分子は、かかる境界層B中を拡散することで前記被処理基板Wの表面に到達する。

40

【0069】

このような境界層Bの厚さ δ は前記処理ガス流Fの流速によって変化し、厚さ δ は流速が減少すると増大し、流速が増大すると減少する。前記境界層Bの厚さ δ が減少すると、前記処理ガス流Fから放出された処理ガス分子が前記境界層B中を拡散して前記被処理基板Wの表面に到達するまでの時間が短縮され、所定時間により多くの処理ガス分子が被処理基板の表面に到達することになる。その結果、原料の利用効率が向上する。

50

【0070】

このような処理ガス流Fの流速は、前記プロセス空間301Aの高さ、すなわち前記ギャップGを減少させることにより増大させることができる。

【0071】

図9は、このようなギャップGと、前記被処理基板Wの表面がTMA分子で飽和するまでのTMAガス供給時間との関係を示す。ただし図9中、横軸は前記処理容器301内の前記プロセス空間301Aの容積を示しているが、前記プロセス空間301Aの径は同一に維持されるので、前記プロセス空間301Aの容積は前記キャップGに対応する。一方図9中、縦軸は被処理基板表面が吸着したTMA分子で飽和するまでのTMAガスの供給時間を示しており、この値が小さい程、短時間で飽和吸着が実現され、また供給したTMAガスのうち基板表面に吸着したものの割合を示す吸着率が増大する。

10

【0072】

図9を参照するに、ギャップGが40mmの場合にTMA分子の吸着率は13%であるのに対し、ギャップGが20mmの場合には吸着率は14%に向上するのがわかる。さらに前記ギャップGが8mmまで減少した場合、吸着率は30%にまで向上する。図9中、▲1▼は被処理基板Wに吸着されるTMA分子の割合を、▲2▼は被処理基板Wに吸着されずに排出されるTMA分子の割合を示している。

【0073】

このように、前記ギャップGを減少させることにより前記プロセス空間において被処理基板Wの表面に形成される境界層Bの厚さ δ が減少し、吸着率が向上することで成膜工程の際の処理ガスの利用効率が向上することが確認される。

20

【0074】

例えば、前記被処理基板W上にTMAが飽和吸着する時間は、ギャップGが40mmの場合、0.5秒であったのに対して、ギャップGを2.5mmとすると0.05秒に短縮することが可能になっており、処理ガスの利用効率を向上させると共に、成膜時間を短縮して効率のよい成膜を行う事が可能となる。

【0075】

一方、前記ギャップGをさらに減少させ、プロセス空間の容積を約0.5リットル以下に設定した場合には、前記したようなギャップGを小さくすることによってガス流速を増大させる効果はなくなる。このような傾向に関して、以下に詳細を説明する。

30

【0076】

前記したようなギャップGに対して処理ガス流Fの流速が変化する状態を、図10に示す。図10を参照するに、曲線11は処理ガスの流量が0.5Lの場合を示し、曲線12は処理ガスの流量が5Lの場合を示すが、それぞれの場合において、すなわち処理ガス流量が0.5～5Lの範囲において同様の傾向を示しており、例えば、前記したようにギャップGを小さくするに従い、流速が増大していくことがわかる。

【0077】

また、前記したようなギャップGを小さくすることにより流速が増大し、処理ガスの利用効率を上昇させる効果が大きくなるのはギャップGを8mm程度とした場合からであり、さらに処理ガスの利用効率を向上させる効果が顕著となる流速50m/secでは、ギャップを3.5mm程度とする必要がある。

40

【0078】

しかし、さらに流速を増大させようとして、さらにギャップを小さくした場合、ギャップが0.5mm程度とした場合に、流速が図中領域Mで示す、略音速領域となり、ギャップを狭めることにより流速を増大させる効果が収束すると考えられる。

【0079】

このため、前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを前記プロセス空間に前記被処理基板W上を流れるように供給する場合、ギャップGを0.5～8mmの範囲とするのが好ましく、処理ガスの利用効率が向上する。さらに、より好ましくは、処理ガスの利用効率がさらに向上する効果が得られる第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流速が50m/s

50

e c ~ 略音速とするために、前記ギャップ G を 0.5 mm ~ 3.5 mm の範囲に設定するのがよい。

【第 4 実施例】

また、前記した基板処理装置 300 は、次に示すように変更して実施することも可能であり、以下に示す場合も前記基板処理装置 300 の場合と同様の効果を奏する。図 11 は、本発明の第 4 実施例による基板処理装置 400 の概略を示す断面図である。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0080】

図 11 を参照するに、前記保持台 302 を内部に有する処理容器 401 は、前記保持台 302 が挿入された下部容器 403、および前記保持台 302 に載置される前記被処理基板 W と略平行に設置される天井部 404 および前記下部容器 403 と前記天井部 404 との間に挿入される処理ガス導入リング 405 からなる。

10

【0081】

前記被処理基板 W と前記天井部 404 に挟まれた空間にはプロセス空間 401 A が画成され、前記プロセス空間 401 A には、成膜処理の際に前記処理ガス導入リング 405 に形成されたガス穴 405 A より、前記第 1 の処理ガスおよび前記第 2 の処理ガスが供給される構造になっている。

【0082】

前記処理ガス導入リング 405 は、図 12 に示すように略環状をしており、前記プロセス空間 401 A に面する側には、前記保持台 302 を囲むように、前記被処理基板 W を中心とする略同心円上に前記ガス穴 405 A が形成されている。

20

【0083】

前記ガス導入リング 405 の内部には、前記ガス穴 405 A に連通し、処理ガスやパージガスの流路である略環状の図示しないガス溝が形成されている。前記ガス溝にはガスライン 406 より処理ガスやパージガスが供給され、排気ライン 407 より前記ガス溝を排気する構造になっている。

【0084】

前記ガスライン 406 は、バルブ 409 を介して前記第 1 の処理ガスライン 311 に接続され、第 1 の処理ガスであるトリメチルアルミニウム (TMA) 供給源 321、および第 1 のパージガスである Ar 供給源 322 に接続され、前記プロセス空間 401 A に TMA および Ar を供給する構造になっている。

30

【0085】

さらに前記ガスライン 406 には、バルブ 410 を介して、前記第 2 の処理ガスライン 312 が接続され、第 2 の処理ガスである O_3/O_2 供給源 323 と、第 2 のパージガスである Ar 供給源 324 に接続され、前記プロセス空間 401 A に O_3/O_2 および、Ar が供給される構造となっている。

【0086】

また、前記排気ライン 407 にはバルブ 411 が接続され、前記バルブ 411 を開放することで、前記ガス導入リング 405 内部、すなわち前記ガス溝の減圧・排気が可能となっており、前記ガス溝をパージすることが可能な構造となっている。

40

【0087】

例えば、前記バルブ 409 を開放して前記ガスライン 406 および前記ガス溝に TMA を供給した後、残留 TMA を排除するために、前記バルブ 409 を閉じて前記バルブ 411 を開放して前記ガス溝を排気し、さらに前記バルブ 409 を開放して今度は前記第 1 のパージガスである Ar を供給し、前記ガス溝を排気する作業を行い、残留 TMA を排除することが可能な構造になっている。

【0088】

同様に、前記バルブ 410 を開放して前記ガスライン 406 および前記ガス溝に O_3/O_2 を供給した後、残留 O_3/O_2 を排除するために、前記バルブ 410 を閉じて前記バルブ 411 を開放して前記ガス溝を排気し、さらに前記バルブ 410 を開放して今度は前記

50

第2のパージガスであるArを供給し、前記ガス溝を排気する作業を行い、残留 O_3/O_2 を排除することが可能な構造になっている。

【0089】

前記プロセス空間401Aは、前記天井部404に形成され排気管408に接続された排気口404Aより排気される構造になっており、前記プロセス空間401Aに供給された処理ガス、パージガスなどは前記排気口404Aから、図示しない真空ポンプなどの排気手段が接続された排気管408を介して排気される構造になっている。前記排気口404Aは、その中心が、前記被処理基板Wの略中心と対応する位置に設けられている。

【0090】

そのため、前記ガス穴405Aから供給される処理ガスは、被処理基板Wに対して当該被処理基板の端部から中心部に向かって均等に排気され、成膜を行う場合の膜厚の均一性が良好となる。さらにその場合には前記保持台302を回転させることにより、さらに被処理基板面内での均一性を向上させることができる。前記保持台の上下動自在、回転自由な機構については前記基板処理装置300の場合と同一である。

【0091】

前記基板処理装置400により、プロセス空間401Aに第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを供給することで、被処理基板W上に成膜を行う事が可能となる。例えば、第1の処理ガスにTMA、第2の処理ガスに O_2/O_3 を供給することで被処理基板W上に Al_2O_3 膜を形成することが可能となる。

【0092】

また、その際に、前記被処理基板W上に形成される前記プロセス空間401Aの高さであるギャップGが狭いため、すなわち被処理基板Wから前記天井部404までの距離が短いために、前記ギャップGが広い場合に比べて供給される第1の処理ガス、第2の処理ガスが被処理基板Wに到達する割合を増大させることができ、成膜の原料となるガスの利用効率を向上させることが可能となる。

【0093】

また前記基板処理装置300の場合と同様に、前記ガス穴405Aから供給される第1の処理ガスおよび第2の処理ガスは、前記被処理基板Wの表面を沿って流れるように供給され、前記被処理基板Wの周縁部から中心部を通してさらに前記排気口404Aにて排気される。

【0094】

そのため、前記基板処理装置300の場合と同様に、前記図7に示したフローチャートに従って分子層・原子層レベルの成膜を行う事ができる。

【0095】

まず、図7に示すフローチャートに従い、工程100において、前記バルブ409を開放して第1の処理ガスであるTMAを前記プロセス空間401Aに導入する。その際、キャリアガスとしてArを同時に導入する。そこで、TMAは、キャリアガスと共に前記被処理基板Wの表面を沿うように流れ、TMA分子が前記被処理基板W表面に吸着する。

【0096】

次に、工程200において、バルブ409を閉じてTMAおよびArの前記プロセス空間401Aへの導入を停止する。前記プロセス空間401Aは真空排気され、余剰なTMA分子が前記プロセス空間401Aより排気される。

【0097】

また、その際に、前記バルブ411を開放して前記処理ガス導入リング405の中に残留したTMAを排気する。さらに必要に応じてバルブ409を開放して第1のパージガスであるArを供給し、またバルブ409を閉じてバルブ411を開放し、前記処理ガス導入リング405から、残留TMAを完全に除去するようにする。

【0098】

また、必要に応じて前記プロセス空間401AにArを導入して、前記プロセス空間401Aに残留したTMAを排出するようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0099】

次に、工程300において、前記バルブ410を開放して、第2の処理ガスである O_3/O_2 を前記プロセス空間401Aに導入する。その際、キャリアガスとしてArを同時に導入する。そこで、 O_3/O_2 は、キャリアガスと共にTMA分子が吸着した前記被処理基板Wの表面を沿うように流れ、前記被処理基板W表面でTMA分子と反応して、前記被処理基板W上に略1～数分子層の Al_2O_3 膜が形成される。

【0100】

次に、工程400において、バルブ410を閉じてTMAおよびArの前記プロセス空間401Aへの導入を停止する。前記プロセス空間301Aは真空排気され、未反応の余剰な O_2/O_3 が前記プロセス空間301Aより排気される。

10

【0101】

また、その際に、前記バルブ411を開放して前記処理ガス導入リング405の中に残留した O_2/O_3 を排気する。さらに必要に応じてバルブ410を開放して第2のパージガスであるArを供給し、またバルブ410を閉じてバルブ411を開放し、前記処理ガス導入リング405から、 O_2/O_3 を完全に除去するようにする。

【0102】

また、必要に応じて前記プロセス空間401AにArを導入して、前記プロセス空間401Aに残留した O_2/O_3 を排出するようにしてもよい。

【0103】

このように、工程100～400を繰り返すことにより、所望の膜厚の、高品質な Al_2O_3 膜を形成することが可能になる。

20

【0104】

また、本実施例においても、前記基板処理装置300の場合において図8～10に示した場合と同様に、供給される処理ガスの流速が増大すると、処理ガスが前記被処理基板Wの表面に到達するまでの時間が短縮され、所定時間により多くの処理ガス分子が被処理基板の表面に到達することになる。その結果、原料の利用効率が向上し、このような処理ガスの流速は、前記プロセス空間401Aの高さ、すなわち前記ギャップGを減少させることにより増大させることができる。

【0105】

このため、前記図9および図10の結果を基板処理装置400においても適用することが可能となり、前記第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを前記プロセス空間に前記被処理基板W上を流れるように供給する場合、ギャップGを0.5～8mmの範囲とするのが好ましく、処理ガスの利用効率が向上する。さらに、より好ましくは、処理ガスの利用効率がさらに向上する効果が得られる第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流速が50m/sec～略音速とするために、前記ギャップGを0.5mm～3.5mmの範囲に設定するのがよい。

30

【第5実施例】

また、前記したような分子層・原子層レベルの成膜方法は、以下に示す基板処理装置においても実施することが可能である。

【0106】

図13は、前記した分子層・原子層レベルの成膜（ALD成膜）を行う基板処理装置（ALD成膜装置）10の構成を示す。

40

【0107】

図13を参照するに、前記基板処理装置10は被処理基板Wを隔てて互いに対向する処理ガス導入口13Aおよび13Bと、前記被処理基板Wを隔てて前記処理ガス導入口13Aおよび13Bにそれぞれ対向する細長いスリット状の排気口14A、14Bとを備えた処理容器11を含み、前記排気口14Aおよび14Bはそれぞれコンダクタンスバルブ15Aおよび15Bを介してトラップ100に接続され、前記処理容器11は前記トラップ100を介して排気される。

【0108】

50

さらに、前記処理容器 11 には、前記処理ガス導入口 13 A に隣接して、別の処理ガス導入口 13 C が、前記排気口 14 A に対向するように形成されている。

【0109】

前記処理ガス導入口 13 A は切替バルブ 16 A の第 1 の出口に接続され、前記切替バルブ 16 A はバルブ 17 A、質量流量コントローラ 18 A、および別のバルブ 19 A を含む第 1 の原料供給ライン 16 a を介して TMA を保持する原料容器 20 A に接続される。さらに、前記第 1 の原料供給ライン 16 a に隣接して、バルブ 21 A、22 A を含み、Ar 等の不活性ガスを供給するパージライン 21 a が設けられる。

【0110】

さらに、前記切替バルブ 16 A には、Ar 等の不活性ガス源に接続され、質量流量コントローラ 23 A および 24 A を含むバルブパージライン 23 a が接続され、前記切替バルブ 16 A の第 2 の出口はパージライン 100 a を介して前記トラップ 100 に接続される。

【0111】

同様に、前記処理ガス導入口 13 B は切替バルブ 16 B の第 1 の出口に接続され、前記切替バルブ 16 B はバルブ 17 B、質量流量コントローラ 18 B、および別のバルブ 19 B を含む第 1 の原料供給ライン 16 b を介して O_3/O_2 を保持する原料容器 20 B に接続される。さらに、前記第 1 の原料供給ライン 16 b に隣接して、バルブ 21 B、22 B を含み、Ar 等の不活性ガスを供給するパージライン 21 b が設けられる。

【0112】

さらに、前記切替バルブ 16 B には、Ar 等の不活性ガス源に接続され、質量流量コントローラ 23 B および 24 B を含むバルブパージライン 23 b が接続され、前記切替バルブ 16 B の第 2 の出口はパージライン 100 b を介して前記トラップ 100 に接続される。

【0113】

さらに前記処理ガス導入口 13 C は切替バルブ 16 C の第 1 の出口に接続され、前記切替バルブ 16 C はバルブ 17 C、質量流量コントローラ 18 C、および別のバルブ 19 C を含む第 1 の原料供給ライン 16 c を介して $SiCl_4$ を保持する原料容器 20 C に接続される。さらに、前記第 1 の原料供給ライン 16 c に隣接して、バルブ 21 C、22 C を含み、Ar 等の不活性ガスを供給するパージライン 21 c が設けられる。

【0114】

さらに、前記切替バルブ 16 C には、Ar 等の不活性ガス源に接続され、質量流量コントローラ 23 C および 24 C を含むバルブパージライン 23 c が接続され、前記切替バルブ 16 C の第 2 の出口はパージライン 100 c を介して前記トラップ 100 に接続される。

【0115】

また、図 13 の基板処理装置 10 には成膜プロセスを制御する制御装置 10 A が設けられ、前記制御装置 10 A は後ほど説明するように、前記切替バルブ 16 A ~ 16 C およびコンダクタンスバルブ 15 A および 15 B を制御する。

【0116】

図 14 は、図 13 の処理容器 11 を含む部分の詳細を示す。ただし図 14 中、図 13 に対応する部分は同一の参照符号で示されている。

【0117】

図 14 を参照するに、前記処理容器 11 は A1 等よりなる外側容器 201 と石英ガラスよりなる内側反応容器 202 とを有し、前記内側反応容器 202 は、前記外側容器 201 中に画成され、前記外側容器 201 の一部を構成するカバープレート 201 A により覆われる凹部中に収められる。

【0118】

前記内側反応容器 202 は、前記凹部内において前記外側容器 201 の底面を覆う石英底板 202 A と、前記凹部内において前記石英底板 202 A を覆う石英カバー 202 B とよりなり、さらに前記外側容器の底部には、被処理基板 W を保持したディスク状の基板保持台 203 が収められる円形の開口部 201 D が形成されている。前記基板保持台 203 中には、図示を省略する加熱機構が設けられている。

10

20

30

40

50

【0119】

前記被処理基板W上には、前記石英カバー202Bとの間にプロセス空間11Aが画成され、前記プロセス空間11Aの高さ、すなわち前記被処理基板Wと、前記石英カバー202Bの前記被処理基板Wに面する側との距離はギャップG1である。

【0120】

前記基板保持台203は前記外側処理容器201の下部に設けられた基板搬送部204により回動自在に、また同時に上下動自在に保持されている。

【0121】

前記基板処理装置10により成膜を行う場合は、前記基板保持台203を回動することにより、被処理基板の面内での均一性が良好となる。

10

【0122】

前記基板保持台203は最上位のプロセス位置と最下位の基板出入位置との間を上下動可能に保持されており、前記プロセス位置は、前記保持台203上の被処理基板Wの表面が前記石英底板202Aの表面と略一致するように決定されている。

【0123】

一方、前記基板出入位置は、前記基板搬送部204の側壁面に形成された基板搬入出開口部204Aに対応して設定されており、前記基板保持台203が前記基板出入位置まで下降した場合、前記基板搬入出口204Aから搬送アーム204Bが挿入され、リフトピン（図示せず）により基板保持台203表面から持ち上げられた被処理基板Wを保持して取り出し、次の工程に送る。また、前記搬送アーム204Bは、新たな被処理基板Wを、前記基板搬入出開口部204Aを介して前記基板搬送部204中に導入し、これを前記基板保持台203上に載置する。

20

【0124】

前記新たな被処理基板Wを保持した基板保持台203は、軸受部205中に磁気シール205Aにより保持された回動軸205Bにより回動自在に、また上下動自在に保持されており、前記回動軸205Bが上下動する空間は、ベローズ206等の隔壁により密閉されている。その際、前記空間は図示を省略した排気口を介して前記内側容器202内部よりも高真空状態に排気され、前記内側容器202内で行われる基板処理プロセスへの汚染が回避される。

【0125】

かかる差動排気を確実にを行うため、前記基板保持台203には被処理基板Wを囲むように石英ガラスよりなるガードリング203Aが設けられている。かかるガードリング203Aは、前記基板保持台203と前記外側容器201中に前記基板保持台を収容するように形成された前記開口部201Dの側壁面との間のコンダクタンスを抑制し、これにより前記ベローズ206で画成された空間内を高真空に排気した場合に前記内側反応容器202との間に差圧が確実に形成される。

30

【0126】

前記外側容器201の底部に形成された前記開口部201Dは、側壁面が石英ライナー201dにより覆われており、前記石英ライナー201dはさらに下方に延在して前記基板搬送部204の内壁を覆う。

40

【0127】

前記外側容器201の底部には、前記開口部201Dの両側にそれぞれ排気装置に接続された排気溝部201aおよび201bが形成されており、前記排気溝部201aは導管207aおよびコンダクタンスバルブ15Aを介して、また前記排気溝部201bは導管207bおよびコンダクタンスバルブ15Bを介して排気される。図14の状態では、前記コンダクタンスバルブ15Aが略閉状態に、また前記コンダクタンスバルブ15Bが開状態に設定されている。前記コンダクタンスバルブ15A、15Bは、信頼性の高い開閉状態を実現するために、閉状態といえども完全に閉鎖するのではなく3%程度の弁開度を残しておく。

【0128】

50

前記排気溝部 201 a および 201 b は石英ガラスよりなるライナー 208 により覆われており、前記排気溝部 201 a, 201 b に対応してスリット状の開口部 209 A, 209 B が前記石英底板 202 A に形成される。図 14 の実施例では、かかるスリット状の開口部 209 A, 209 B に、図 13 で説明した排気口 14 A あるいは 14 B が形成された整流板 209 が、前記内側反応容器 202 内部の排気を促進する目的で形成されている。

【0129】

さらに前記内側反応容器 202 内には、石英ガスノズル 13 A および 13 B が、それぞれ前記排気溝部 201 a および 201 b に、前記ウェハ 12 を隔てて対向するように設けられている。そこで前記ガスノズル 13 A から導入された第 1 の処理ガスは、前記内側反応容器 202 内を前記被処理基板 12 の表面に沿って流れ、対向する排気口 14 A から前記コンダクタンスバルブ 15 A を介して排気される。同様に前記ガスノズル 15 B から導入された第 2 の処理ガスは、前記内側反応容器 202 内を前記被処理基板 W の表面に沿って流れ、対向する排気口 14 B から前記コンダクタンスバルブ 15 B を介して排気される。このように第 1 および第 2 の処理ガスを交互に前記ガスノズル 13 A から排気口 14 A へと、あるいは前記ガスノズル 13 B から排気口 14 B へと流すことにより、先に説明した分子層を基本単位とする膜形成が可能になる。

【0130】

図 15 は、前記内側反応容器 202 を構成する石英底板 202 A の構成を詳細に示す。

【0131】

図 15 を参照するに、前記石英底板 202 A には前記被処理基板 W に対応した円形の開口部 202 a が形成されており、前記開口部 202 a の両側には、前記排気溝部 201 a, 201 b に対応した開口部 209 A および 209 B が形成されている。さらに図 15 の例では、前記開口部 209 A, 209 B に対応して前記排気口 14 A あるいは 14 B を構成するスリットを有する整流板 209 が設けられている。また前記石英底板 202 A には、前記ガスノズル 13 A に対応して開口部 210 a が、また前記ガスノズル 13 B に対応して開口部 210 b が形成されている。前記石英底板 202 A に前記開口部 210 a あるいは 210 b を複数個形成することにより、前記内側処理容器 202 内に前記ガスノズル 13 A あるいは 13 B を複数個設けることが可能になる。

【0132】

図 16 は、図 12, 13 の基板処理装置 10 において被処理基板 W 上に Al_2O_3 膜を略 1 分子層ずつ形成する際に、前記制御装置 10 A の制御の下に実行される成膜プロセスを示すフローチャートである。

【0133】

図 16 を参照するに、最初の工程 1 において、前記コンダクタンスバルブ 15 A, 15 B は開放され、前記切替バルブ 16 A および 16 B は、いずれも処理ガス供給ライン 16 a, 16 b 中の処理ガスをそれぞれパージライン 100 a および 100 b を介してトラップ 100 に供給するように第 1 の状態、すなわちパージ状態に制御される。その結果前記石英反応容器 202 中には前記パージライン 23 a 中の Ar ガスが、また前記パージライン 23 b 中の Ar ガスが、それぞれ処理ガス導入口 13 A および 13 B を介して供給される。このようにして供給された Ar パージガスは、それぞれ前記排気口 14 A および 14 B からトラップ 100 に排出される。

【0134】

次に工程 2 において、前記コンダクタンスバルブ 15 A の開度が増大され、コンダクタンスバルブ 15 B の開度が減少される。その結果、前記石英反応容器 202 中には、前記ガス導入口 13 A から排気口 14 A に流れるガス流が生じる。

【0135】

次に工程 3 において前記切替バルブ 16 A が前記第 1 の状態から第 2 の状態に切り替えられ、前記処理ガス供給ライン 16 a 中の TMA ガスが前記第 1 の処理ガス導入口 13 A から前記石英反応容器 202 中に、図 17 に示すようにガス流 LF_1 として導入される。このようにして導入された TMA ガス流 LF_1 は先に説明したように、前記被処理基板 W の

10

20

30

40

50

表面を流れ、前記排気口14Aより排出される。かかる工程により、前記被処理基板Wの表面にはTMAが1分子層程度吸着される。前記工程3においては、前記第2の切替バルブ16Bは前記第1の状態にあり、ライン23a中のArパージガスが前記第2の処理ガス導入口13Bから前記石英反応容器202中に導入される。その結果、前記第1の処理ガス導入口13Aから導入されたTMAが前記第2の処理ガス導入口13Bに侵入し、析出物を生じる問題は生じない。

【0136】

次に工程4において前記切替バルブ16Aが元の第1の状態に戻され、前記反応容器202中がArガスによりパージされる。

【0137】

さらに工程5において、前記コンダクタンバルブ15Aの開度が減少され、コンダクタンバルブ15Bの開度が増大される。その結果、前記石英反応容器202中には、前記ガス導入口13Bから排気口14Bに流れるガス流が生じる。

【0138】

次に工程6において前記切替バルブ16Bが前記第1の状態から第2の状態に切り替えられ、前記処理ガス供給ライン16b中の O_3/O_2 ガスが前記第2の処理ガス導入口13Bから前記石英反応容器202中に、図18に示すようにガス流 LF_2 として導入される。このようにして導入された O_3/O_2 ガス流 LF_2 は先に説明したように、前記被処理基板Wの表面を流れ、前記排気口14Bより排出される。かかる工程により、前記被処理基板Wの表面において、先に吸着していたTMAが加水分解され、約1分子層厚さの Al_2O_3 膜が形成される。前記工程6においては、前記第1の切替バルブ16Aは前記第1の状態にあり、ライン23a中のArパージガスが前記第2の処理ガス導入口13Aから前記石英反応容器202中に導入される。その結果、前記第2の処理ガス導入口13Bから導入された O_3/O_2 ガスが前記第1の処理ガス導入口13Aに侵入し、析出物を生じる問題は生じない。

【0139】

また、成膜の際は、前記基板保持台203を回動させることにより、前記ガス流 LF_1 、 LF_2 の不均一性が成膜に与える影響を小さくすることができ、形成される膜の均一性を向上させることができる。

【0140】

また、本実施例では第1の処理ガスにTMA、第2の処理ガスに O_3/O_2 を用いて Al_2O_3 を形成する例、すなわち金属酸化膜を形成する例を示したが、同様の方法で金属窒化膜を形成することも可能である。例えば第1の処理ガスに $TiCl_4$ 、第2の処理ガスに NH_3 を用いることにより、 TiN 膜を形成することも可能である。また他に、 TaN 、 AlN なども形成することが可能である。

【0141】

本実施例においても、前記成膜装置300および前記成膜装置400の場合と同様に、処理ガスを被処理基板に吸着させることによって成膜を行う、表面反応を用いた成膜を行う場合は、被処理基板表面を流れる処理ガスの流速が早い場合に、処理ガスの吸着の効率がよく、さらに処理ガスの利用効率を向上させることができる。

【0142】

すなわち、前記ガス流 LF_1 をおよび前記ガス流 LF_2 のなど処理ガスの流れを処理ガス流 F_{12} とすると、図8に前記した場合と同様に、被処理基板W上に形成される境界層の厚さ δ_{12} は、前記処理ガス流 F_{12} の流速に依存し、流速が増大すると減少する。前記境界層の厚さ δ_{12} が減少すると、前記処理ガス流 F_1 から放出された処理ガス分子であるTMA分子や O_3/O_2 分子が境界層中を拡散して前記被処理基板Wの表面に到達するまでの時間が短縮され、所定時間により多くの処理ガス分子、すなわちTMA分子および O_3/O_2 分子が被処理基板の表面に到達することになる。その結果、原料の利用効率が向上する。

【0143】

このような処理ガス流 F_{12} の流速は、前記プロセス空間 11A の高さ、すなわち前記ギャップ G1 を減少させることにより増大させることができる。

【0144】

図 19 は、このようなギャップ G1 と、前記被処理基板 W の表面が TMA 分子で飽和するまでの TMA ガス供給時間との関係を示す。ただし図 19 中、横軸は前記処理容器 11 内の前記プロセス空間 11A の容積を示しているが、前記プロセス空間 11A の径は同一に維持されるので、前記プロセス空間 11A の容積は前記ギャップ G1 に対応する。一方図 19 中、縦軸は被処理基板表面が吸着した TMA 分子で飽和するまでの TMA ガスの供給時間を示しており、この値が小さい程、短時間で飽和吸着が実現され、また供給した TMA ガスのうち基板表面に吸着したものの割合を示す吸着率が増大する。

10

【0145】

図 19 を参照するに、ギャップ G1 が 40 mm の場合に TMA 分子の吸着率は 13 % であるのに対し、ギャップ G1 が 20 mm の場合には吸着率は 14 % に向上するのがわかる。さらに前記ギャップ G1 が 8 mm まで減少した場合、吸着率は 30 % にまで向上する。図 19 中、▲3▼は被処理基板 W に吸着される TMA 分子の割合を、▲4▼は被処理基板 W に吸着されずに排出される TMA 分子の割合を示している。

【0146】

このように、前記ギャップ G1 を減少させることにより前記プロセス空間において被処理基板 W の表面に形成される前記境界層の厚さ δ_{12} が減少し、吸着率が向上することで成膜工程の際の処理ガスの利用効率が向上することが確認される。

20

【0147】

また、処理ガスの利用効率が向上することで、処理時間を短縮することが可能となり、例えば、前記被処理基板 W 上に TMA が飽和吸着する時間は、ギャップ G が 40 mm の場合、0.5 秒であったのに対して、ギャップ G を 8 mm とすると 0.1 秒に短縮することが可能になっており、処理ガスの利用効率を向上させると共に、成膜時間を短縮して効率のよい成膜を行う事が可能となる。

【0148】

一方、前記ギャップ G1 をさらに減少させ、プロセス空間の容積を約 0.5 リットル以下に設定した場合には、前記したようなギャップ G1 を小さくすることによってガス流速を増大させる効果はなくなる。このような傾向に関して、以下に詳細を説明する。

30

【0149】

前記したようなギャップ G1 に対して処理ガス流 F_{12} の流速が変化する状態を、図 20 に示す。図 20 を参照するに、曲線 13 は処理ガスの流量が 0.5 L の場合を示し、曲線 14 は処理ガスの流量が 5 L の場合を示すが、それぞれの場合において、すなわち処理ガス流量が 0.5 ~ 5 L の範囲において同様の傾向を示しており、例えば、前記したようにギャップ G1 を小さくするに従い、流速が増大していくことがわかる。

【0150】

また、前記したようなギャップ G1 を小さくすることにより流速が増大し、処理ガスの利用効率を上昇させる効果が大きくなるのはギャップ G1 を 8 mm 程度とした場合からであり、さらに処理ガスの利用効率を向上させる効果が顕著となる流速 50 m/sec では、ギャップを 3.5 mm 程度とする必要がある。

40

【0151】

しかし、さらに流速を増大させようとして、さらにギャップを小さくした場合、ギャップが 0.5 mm 程度とした場合に、流速が図中領域 M 示す、略音速領域となり、ギャップを狭めることにより流速を増大させる効果が収束すると考えられる。

【0152】

このため、前記第 1 の処理ガスおよび第 2 の処理ガスを前記プロセス空間に前記被処理基板 W 上を流れるように供給する場合、ギャップを 0.5 ~ 8 mm の範囲とするのが好ましく、処理ガスの利用効率が向上する。さらに、より好ましくは、処理ガスの利用効率がより向上する効果が得られる第 1 の処理ガスおよび第 2 の処理ガスの流速が 50 m/sec

50

～略音速とするために、前記ギャップG1を0.5mm～3.5mmの範囲に設定するのがよい。

【0153】

また、この場合、例えば図21に示すように、処理ガスが流れる空間を、処理ガスが流れる方向に向かって狭くするような形状にして、処理ガスの吸着を均一にすることも可能である。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0154】

図21を参照するに、前記プロセス空間11Aの高さが、処理ガスが流れる方向に従い、狭くなる形状となっている。このため、前記処理空間の、前記被処理基板から前記天井面までの高さがガスの流れ方向に従い、狭くなっていくことにより、被処理基板上に形成される境界層の厚みは次第に減少していく。従って、流れ方向で原料濃度が減少していったとしても、境界層を連続的に薄くすることにより、原料の使用効率を増大させて基板への吸着効率を上げ、結果的に一定な吸着率を得ることができる。

【0155】

以上の説明では本発明を Al_2O_3 膜の形成を例に説明したが、本発明はかかる特定の系の成膜に限定されるものではなく、 ZrO_2 膜、 $HfSiO_4$ 膜、 $ZrSiO_4$ 膜、 Ta_2O_5 膜、 TaN 膜、 AlN 膜、 TiN 膜等、様々な膜の形成に適用が可能である。

【0156】

また、以上に説明した本発明の基板処理装置および処理方法は、被処理基板表面に膜を1分子層ずつ積層するいわゆるALDプロセスにおいて非常に有用であるが、MOCVD法などの原子層成長に限定されない成膜プロセスに対しても、吸着工程を利用するような工程を含む場合は有効である。

【0157】

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

【0158】

【発明の効果】

本発明によれば、被処理基板上に成膜を行う際に、被処理基板上に形成される処理ガスが供給される処理空間を小さくし、成膜に利用される処理ガスの利用効率を向上させて、生産性の良好な成膜を行う事が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の基板処理装置の概略図である。

【図2】(A)、(B)は、従来の成膜方法と本発明による成膜方法を示した図である。

【図3】本発明による基板処理装置の概略を示した図(その1)である。

【図4】図3の基板処理装置の排気方法を示した図である。

【図5】図3の基板処理装置の変更例を示した図である。

【図6】表面反応を用いた成膜方法を模擬的に示した図である。

【図7】本発明による成膜方法のフローチャートを示した図(その1)である。

【図8】図3の基板処理装置の動作を説明する図である。

【図9】図3の基板処理装置の処理ガスの流速と、処理ガスが飽和吸着するための供給時間の関係を示す図である。

【図10】図3の基板処理装置のギャップと処理ガスの流速の関係を示す図である。

【図11】本発明による基板処理装置の概略を示す図(その2)である。

【図12】図11の装置で用いる処理ガス導入リングの斜視図である。

【図13】本発明による基板処理装置のガス・排気の系統図である。

【図14】本発明による基板処理装置の概略図(その3)である。

【図15】図14の基板処理装置で用いられる処理容器内部の部品を示す図である。

【図16】本発明による成膜方法のフローチャートを示した図(その2)である。

【図17】図14の基板処理装置の処理ガスの流れを示した図(その1)である。

【図18】図14の基板処理装置の処理ガスの流れを示した図（その2）である。

【図19】図14の基板処理装置の処理ガスの流速と、処理ガスが飽和吸着するための供給時間の関係を示す図である。

【図20】図14の基板処理装置のギャップと処理ガスの流速の関係を示す図である。

【図21】図14の基板処理装置の変更例である。

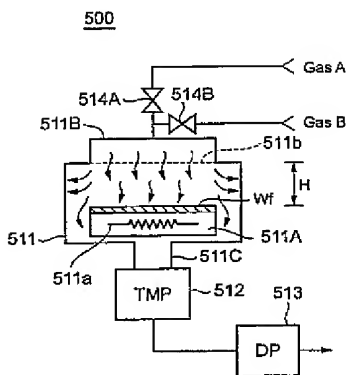
【符号の説明】

10, 300, 400, 500	基板処理装置	
Wf, W	被処理基板	
13A, 13B, 13C	処理ガス導入口	
14A, 14B	排気口	10
16A, 16B, 16C	切替バルブ	
15A, 15B	コンダクタンスバルブ	
10A	制御装置	
11	処理容器	
16a	第1の処理ガス供給ライン	
16b	第2の処理ガス供給ライン	
16c	第3の処理ガス供給ライン	
311, 312, 320	ガスライン	
313, 407	排気ライン	
314, 408	排気管	20
304A	処理ガス供給口	
11A, 301A, 401A	プロセス空間	
17A, 17B, 17C, 19A, 19B, 19C, 21A, 22A, 21B, 22B, 21C, 22C, 24A, 24B, 24C, 514A, 514B, 308, 309, 310, 319, 409, 410, 411	バルブ	
18A, 18B, 18C, 23A, 23B, 23C	質量流量コントローラ	
21a, 21b, 21c, 23a, 23b, 23c, 100a, 100b, 100c	パージライン	
20A, 20B, 20C	原料容器	
321, 322, 323, 324	ガス供給源	30
100	トラップ	
11, 511, 301, 401	処理容器	
304, 404	天井部	
404A	排気口	
303	中間容器	
303A	排気空間	
305, 403	下部容器	
405	処理ガス導入リング	
405A	ガス穴	
306	排気プレート	40
306A	排気穴	
201	外側容器	
201A	カバープレート	
201D	開口部	
201a, 201b	排気溝部	
201d	石英ライナー	
202	石英反応容器	
202A	石英底板	
202B	石英カバー	
203, 302, 511A, E3	保持台	50

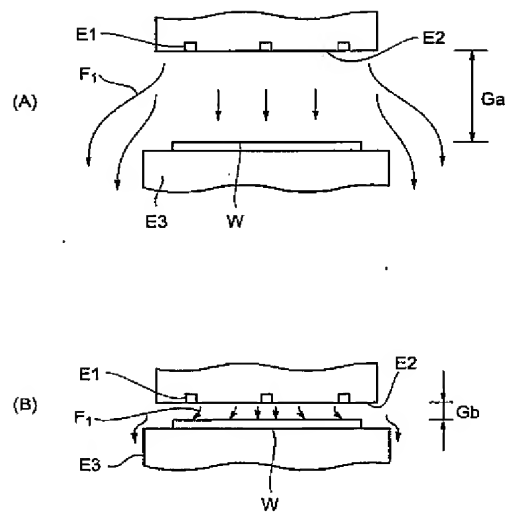
511a ヒータ
 203A ガードリング
 204 基板搬送部
 204A 基板搬送口
 204B 搬送アーム
 205, 317 軸受部
 205A, 318 磁気シール
 205B, 316 回転軸
 206, 315 ベローズ
 511B, E1 処理ガス供給部
 511b シャワーヘッド
 511C 排気口
 512 ターボ分子ポンプ
 513 ドライポンプ
 Ga, Gb, G, G1 ギャップ
 F1, Fa, Fb ガス流
 E2 天井面
 δ 境界層厚さ
 B 境界層

10

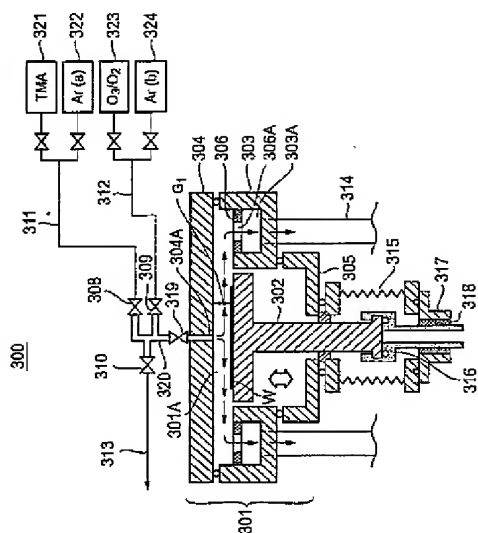
【図1】



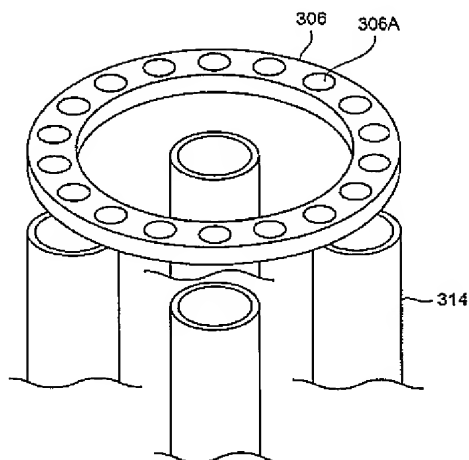
【図2】



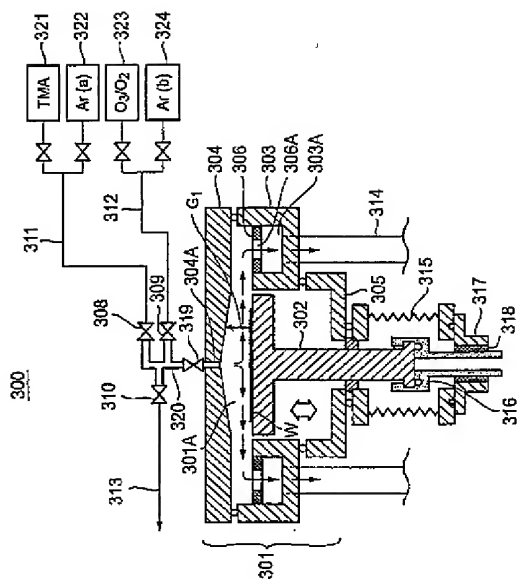
【図 3】



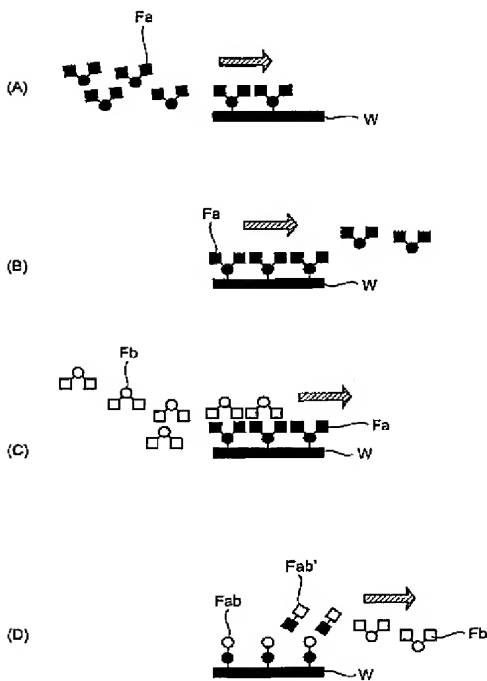
【図 4】



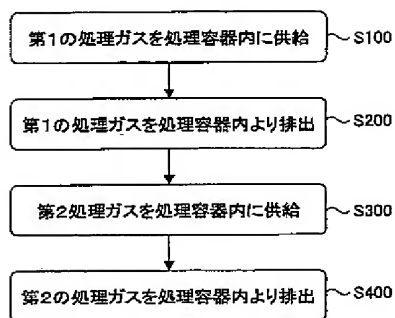
【図 5】



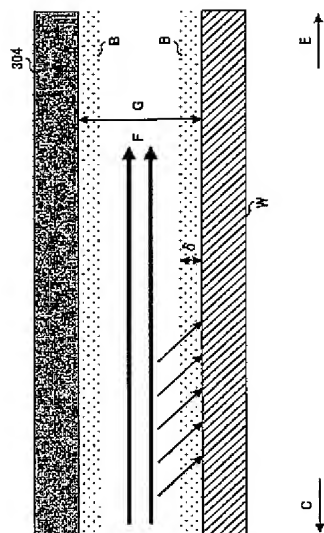
【図 6】



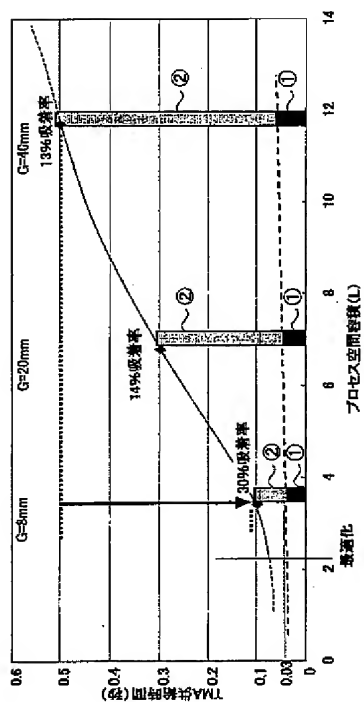
【図 7】



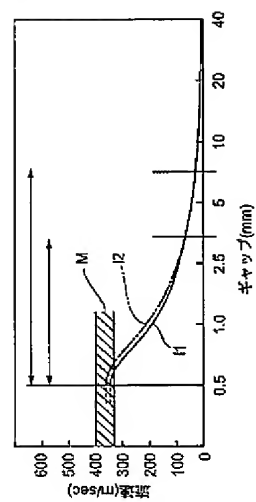
【図 8】



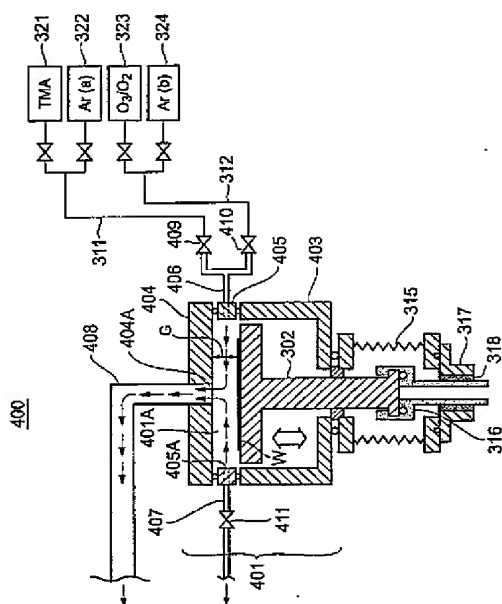
【図 9】



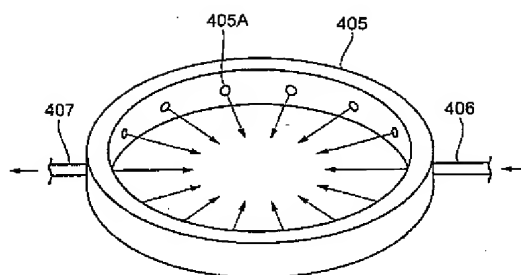
【図 10】



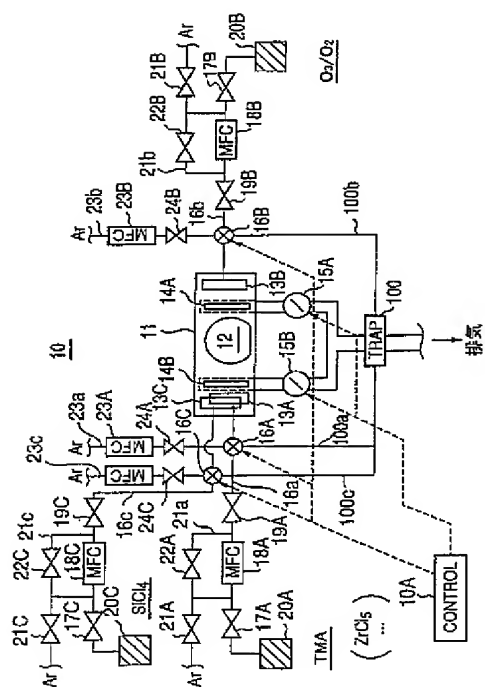
【 図 1 1 】



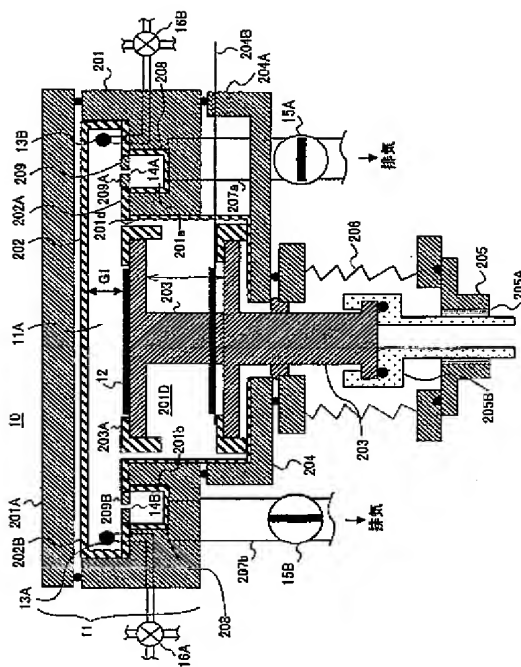
【图 12】



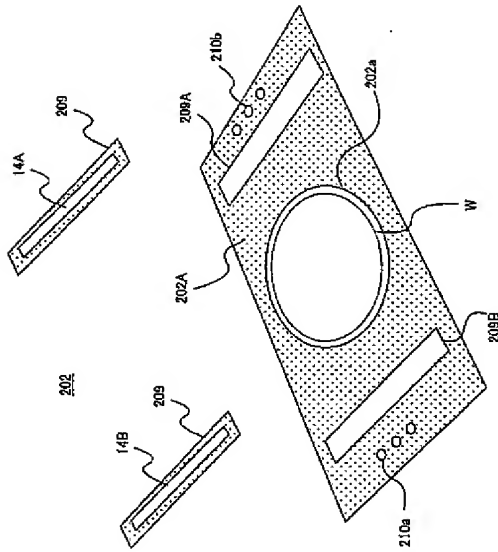
【 例 1 3 】



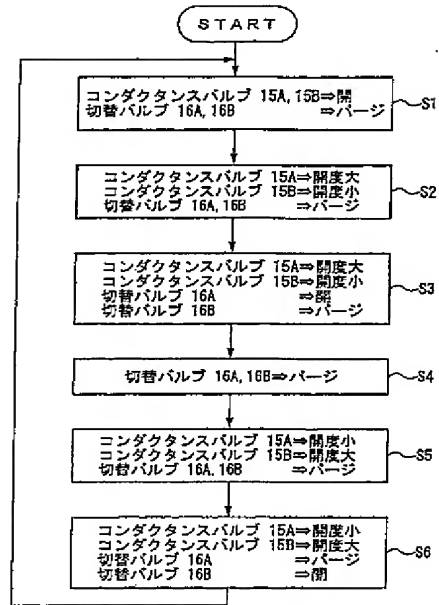
【 例 1 4 】



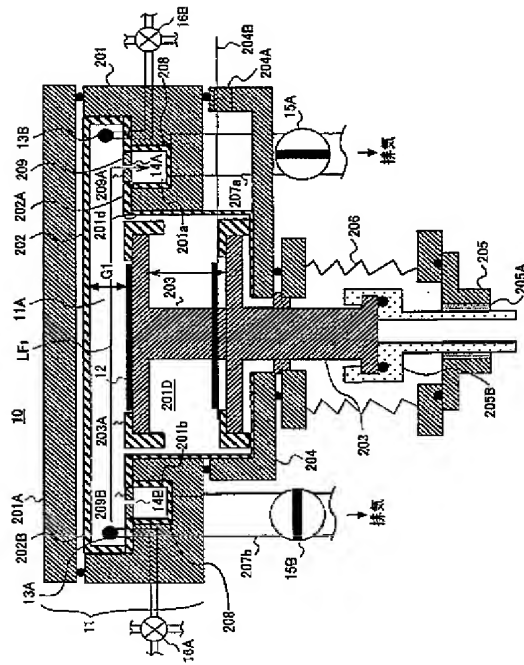
【図 15】



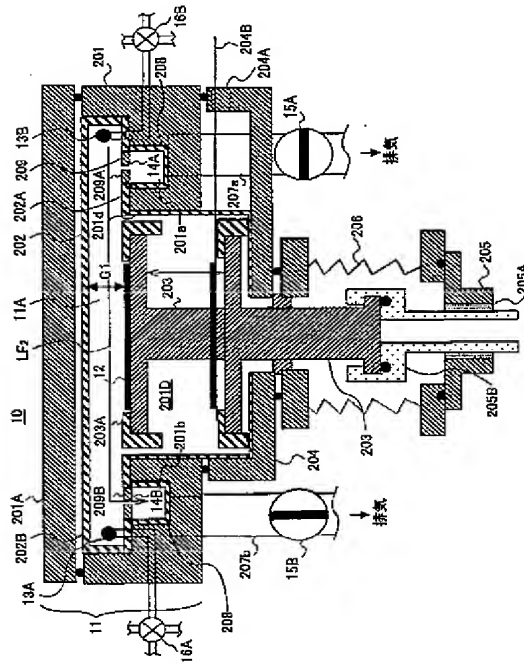
【図 16】



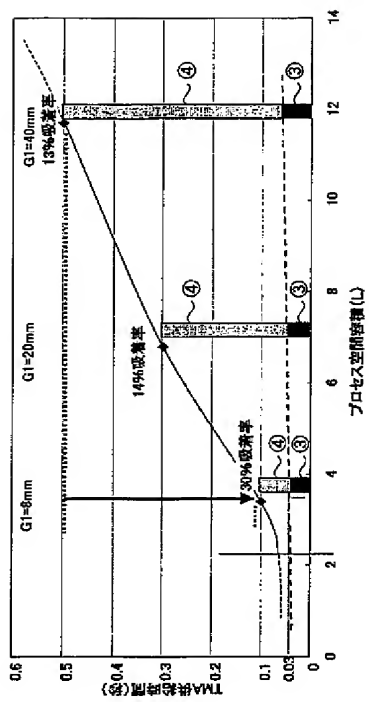
【図 17】



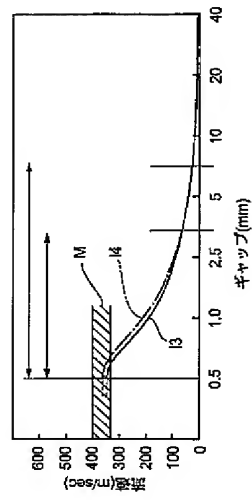
【図 18】



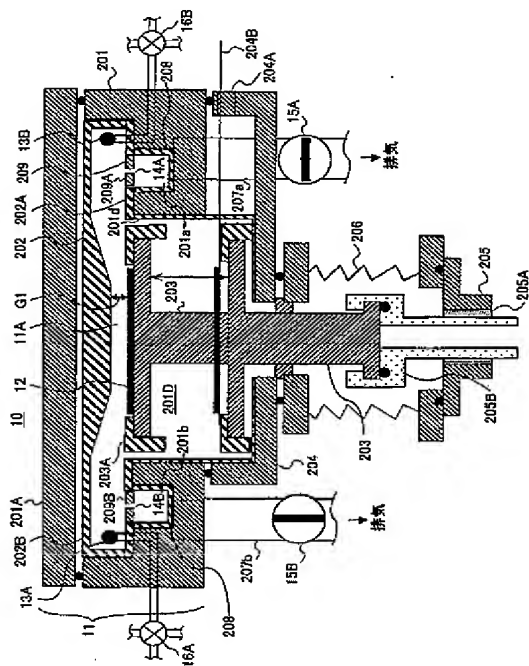
【図 19】



【図 20】



【図 21】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F045 AA04 AB31 AC08 AC11 AC16 BB08 DP03 EC01 EE12 EE20
EF03 EF04 EF15 EG02
5F058 BA06 BA11 BC03 BC09 BF02 BF06 BF37